

## POLOAUTOMATIZOVANÁ GENERALIZÁCIA LÍNIOVÝCH A PLOŠNÝCH REFERENČNÝCH TRIED OBJEKTOV ZBGIS® DO MIERKY 1:50 000

Mgr. Martin KALIVODA<sup>1</sup>, Mgr. Peter POTISK<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45, Bratislava, Slovenská republika  
*martin.kalivoda@skgeodesy.sk*

### ABSTRAKT

V zmysle Zákona č. 215/1995 Z.z. a smernice INSPIRE musí aj Slovenská republika spravovať na národnej úrovni priestorové informácie. Rezort geodézie, kartografie a katastra SR spravuje informačný systém, ktorého súčasťou je aj ZBGIS® (Základná báza údajov pre geografický informačný systém). Webová aplikácia, ktorá slúži na prácu s týmito údajmi, je Mapový klient ZBGIS. Databáza priestorových údajov ZBGIS® je generovaná fotogrametrickým zberom. Referenčné údaje sú vhodné pre zobrazenie do mierok 1 : 2 000, 1 : 5 000, 1 : 10 000 a 1 : 25 000. V menších mierkach sa zobrazujú generalizované údaje. Generalizácia si vyžaduje stanoviť pravidlá prihliadajúce na rozlíšenie a čitateľnosť mapy. Tieto pravidlá sa odlišujú podľa tried objektov a výsledných mierok. Generalizácia nie je jednorazový proces. V rámci kontinuálnej aktualizácie referenčných údajov ZBGIS® je potrebné aktualizovať aj zodpovedajúce údaje v menších mierkach. Tento proces možno urýchliť reťazením geoprocených nástrojov za vzniku pokročilých generalizačných modelov. V príspevku chceme podať pohľad na architektúru ZBGIS® s vyústením na popis procesu generalizácie líniových a plošných tried objektov ZBGIS® z mierky 1:10 000 do 1:50 000 v prostredí ArcGIS. Generalizačné modely sú vytvorené pomocou modulu Model Builder, alebo písané ako skripty jazyka Python (s využitím knižnice ArcPy). Vďaka automatizácii sa GKÚ Bratislava podarilo výrazne zredukovať časové nároky na vytýčenú úlohu.

### ABSTRACT

Slovak republic has to manage spatial information at the national level in terms of the Law no. 215/1995 Z.z. and the INSPIRE directive. The resort of geodesy, cartography and cadastre of Slovak republic controls an information system in which ZBGIS® (Basic data base for the geographic information system) is a part of. ZBGIS® Map Client is a web application processing ZBGIS® data. The ZBGIS® spatial database is being filled by the photogrammetric surveying. These reference data are suitable for the scales of 1 : 2 000, 1 : 5 000, 1 : 10 000 a 1 : 25 000. The generalized data are used in smaller scales. The generalization have to meet the rules related to a resolution and a legibility of a map. These rules differs according to feature classes and resulting scales. The generalization is not a one-time process. Considering a continual updating of the ZBGIS reference data, the updating of related smaller scale data is also needed. We may speed up this process by a chaining of geoprocessing tools. Advanced generalization models are then made. In this contribution we would like to describe the architecture of ZBGIS® and then, we would like to describe the process of generalization of line and polygon feature classes from the scale 1:10 000 to the scale 1:50 000 in ArcGIS environment. The generalization models are created by the Model Builder application, or developed as Python scripts (utilizing ArcPy module). Thanks to the automation, Geodetic and cartographic institute Bratislava has markedly reduced time requirements related to this task.

**Kľúčové slová:** architektúra; ZBGIS®; generalizácia; automatizácia

**Keywords:** architecture; ZBGIS®; generalization; automation

### 1. ÚVOD

Základná báza údajov pre geografický informačný systém (ZBGIS®) je súčasťou informačného systému základnej bázy údajov pre geografický informačný systém (IS ZBGIS®). Správu a aktualizáciu IS ZBGIS® z územia Slovenskej republiky vykonáva prevádzkovateľ ZBGIS®, ktorým je Geodetický a kartografický ústav Bratislava [2]. IS ZBGIS® je subsystémom informačného systému geodézie, kartografie a katastra, ktorý tvorí

a zabezpečuje Úrad geodézie kartografie a katastra SR na základe zákona č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov [1].

ZBGIS® je priestorová objektovo-orientovaná bezošvá báza údajov, ktorá pokrýva celé územie SR. Je referenčným základom národnej infraštruktúry priestorových informácií. Vytvára lokalizačný a geometrický základ pre tvorbu tematických nadstavbových geografických informačných systémov a je záväzný pre tvorbu štátnych základných a štátnych tematických mapových diel [1].

Účelom ZBGIS® je vytvorenie základu relevantných priestorových informácií o území SR v systéme umožňujúcom ich uchovávanie, aktualizáciu, manipuláciu, analýzy a zobrazovanie [1].

ZBGIS® tvoria údaje a metaúdaje o priestorových objektoch krajiny, ich priestorových a tematických atribútoch a vzájomných väzbách. Rozsah údajov o objektoch spravovaných v rámci ZBGIS® určuje katalóg tried objektov (KTO ZBGIS®) [1].

### 1.1 Obsah IS ZBGIS® a činnosti súvisiace s IS ZBGIS®

IS ZBGIS® tvoria tieto priestorové údaje:

- 1) referenčné údaje:
  - a) definované katalógom tried objektov ZBGIS®, vrátane geografického názvoslovia, administratívneho členenia a geodetických referenčných bodov,
  - b) ortosnímky,
  - c) digitálny výškový model,
- 2) generalizované údaje ZBGIS®,
- 3) ostatné údaje, najmä:
  - a) definičné body obcí a častí obcí,
  - b) klady mapových listov,
  - c) základné štátne mapové dielo stredných a malých mierok.

Referenčné údaje majú vhodnú zobrazovaciu podrobnosť pre rozpätie mierok 1:1 000 až 1:25 000. Pre mierky menšie ako 1:25 000 sa používajú generalizované údaje ZBGIS® [2].

Referenčné údaje definuje katalóg tried objektov ZBGIS®, ktorý bol vytvorený s cieľom čo najlepšie vystihnúť národné prostredie a jeho špecifiká a aj v súčasnosti ostáva jeho obsahová štruktúra otvorená. Logická štruktúra katalógu, ako aj objektová a atribútová špecifikácia, dodržiava kódovanie FACC (Feature Attribute Coding Catalogue) podľa štandardu DIGEST. Tento štandard definuje jasnú štruktúru bázy údajov od kategórie, subkategórie, objektu, atribútu až po hodnotu atribútu. ZBGIS® obsahuje 77 tried objektov.

Na úseku IS ZBGIS® sú vykonávané tieto činnosti:

- aktualizácia priestorových údajov,
- aktualizácia metaúdajov,
- aktualizácia kartografického vyjadrenia,
- správa priestorových údajov a metaúdajov,
- poskytovanie údajov, metaúdajov a zabezpečenie služieb.

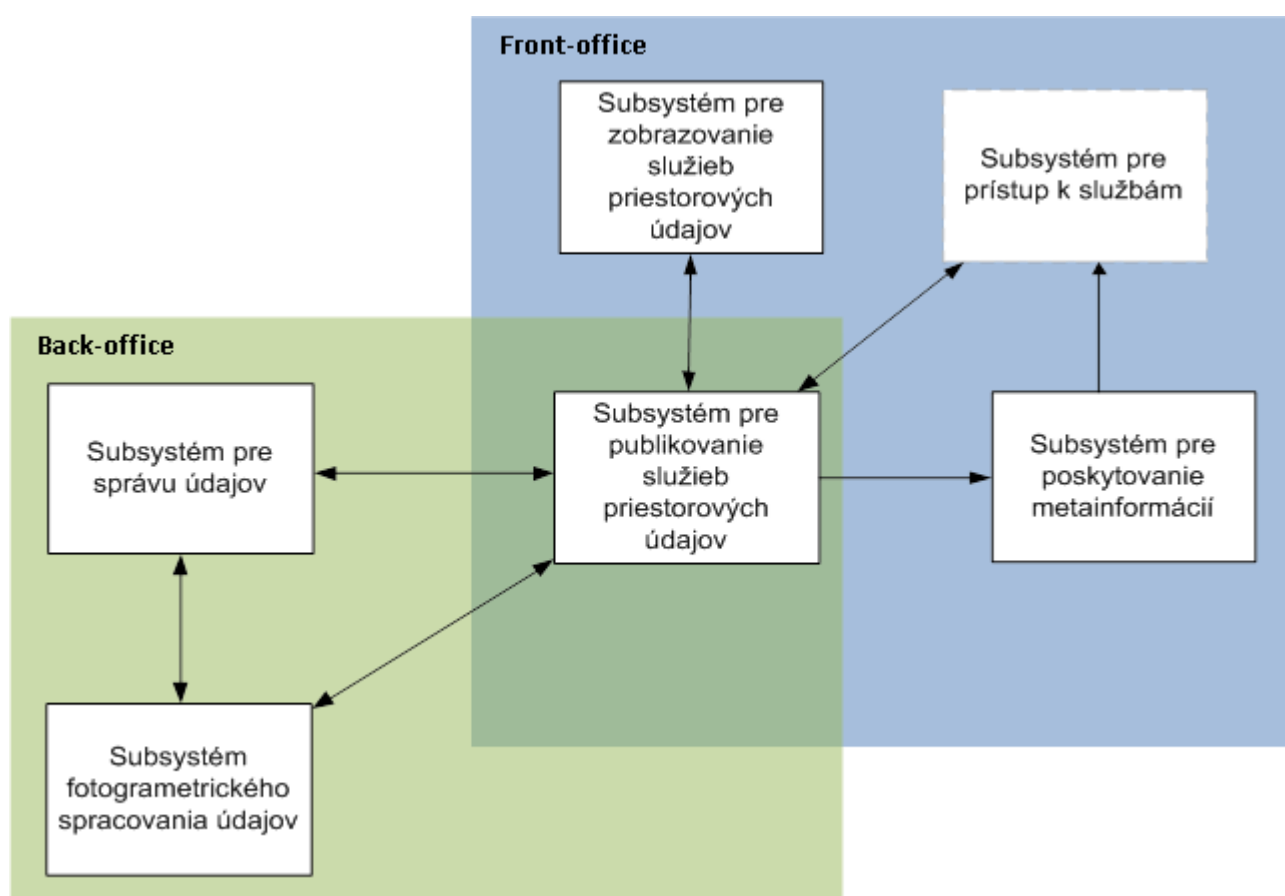
Aktualizácia priestorových údajov je realizovaná hlavnými a vedľajšími metódami. Medzi hlavné metódy patrí fotogrametrický zber priestorových údajov, realizácia miestneho prešetrovania a štandardizácia geografického názvoslovia. Vedľajšie metódy zahŕňajú aktualizáciu priestorových údajov na základe iných rezortných systémov (napr. z informačného systému katastra nehnuteľností) alebo z externých systémov (spravovaných napr. Národným lesníckym centrom).

Aktualizácia kartografického vyjadrenia v sebe zahŕňa činnosti spojené s návrhom a implementáciou jednoduchej kartografickej symboliky a taktiež s návrhom a implementáciou komplexnejšej kartografickej reprezentácie. Jednoduchá kartografická symbolika je využívaná pri publikovaných webových službách, v ostatných prípadoch sú priestorové objekty kartograficky vyjadrené pomocou kartografickej reprezentácie.

Údaje z IS ZBGIS sa poskytujú vo forme vektorových údajov, rastrových údajov, webových služieb (WMS, WMTS, WFS, WCS, CSW) a webových aplikácií (Mapový klient ZBGIS®, Transformačná služba, Konverzná služba, Vyhľadávacia služba). Vybrané formy poskytovania sú riešené v zmysle smernice INSPIRE [2].

## 1.2 Architektúra IS ZBGIS®

Architektúra IS ZBGIS® pozostáva zo subsytémov „front-office“ a „back-office“ (Obr. 1). Externé mapové služby sa zobrazujú a publikujú prostredníctvom „front-office“, ktorý obsahuje publikačnú databázu. Publikačná databáza je replikou produkčnej a kartografickej databázy z interných subsytémov „back-office“. Centrálne správa interných databáz, využívaných na správu a aktualizáciu údajov a na administráciu jednotlivých aplikácií, sa vykonáva prostredníctvom „back-office“ [2].



Obr. 1 Subsystémy IS ZBGIS® (prevzaté z [2])

V prílohe 1 je podrobnejšie znázornená architektúra IS ZBGIS. „Front office“ reprezentuje jeho ľavá časť. „Back office“ reprezentuje pravá časť.

Primárnou databázou pre centrálnu správu IS ZBGIS® je produkčná databáza. Z produkčnej databázy ZBGIS® sa vytvára publikačná databáza a kartografická databáza. V produkčnej databáze sa vykonáva aktualizácia údajov a v kartografickej databáze sa vykonáva aktualizácia kartografických reprezentácií objektov [2].

Metaúdaje (údaje o údajoch) sa ukladajú a spravujú v publikačnej databáze IS ZBGIS®. Obsahom metaúdajov sú informácie o pôvode, rozsahu, súradnicovom systéme, kvalite, aktuálnosti a dostupnosti priestorových údajov. Metaúdaje sa spravujú v slovenskom a v anglickom jazyku [2].

**2 GENERALIZÁCIA ÚDAJOV IS ZBGIS®**

Generalizáciou údajov IS ZBGIS® sa rozumie výber záujmových objektov a zjednodušenie tvaru (geometrie) objektov vzhľadom na príslušnú mierku a rozlišovaciu schopnosť. Do generalizácie vždy vstupujú referenčné údaje po aktualizácii. Schéma procesov a metód aktualizácie údajov IS ZBGIS® je uvedená v prílohe 2.

Podľa vyššie uvedenej definície možno generalizáciu klasifikovať na dve metódy:

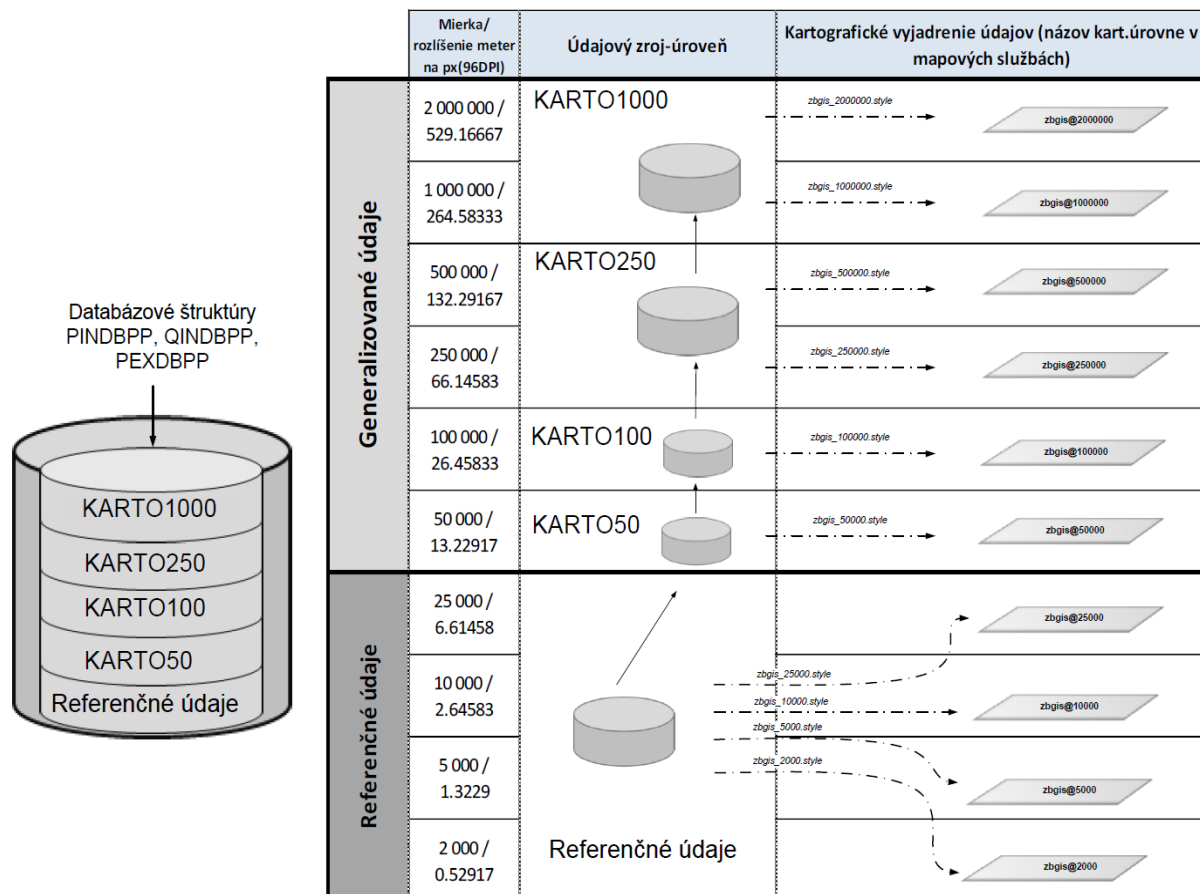
- výber podstatných objektov,
- zjednodušenie geometrie objektov.

Výber objektov môže byť realizovaný na základe hodnôt atribútov, polohy v priestore alebo vizuálnou analýzou. Taktiež zjednodušenie geometrie objektov sa môže realizovať homogénne na všetkých objektoch triedy alebo heterogénne na vybraných objektoch zadefinovaných buď atribútovo, polohovo alebo vizuálnou analýzou.

Výsledkom generalizácie majú byť objekty harmonicky usporiadané tak, aby ich obsahová a grafická stránka tvorila ucelenú a zmysluplnú mapu. Generalizované údaje musia spĺňať kritériá kvality zadané normou ISO 19114 (plánovaná zmena na normu ISO 19157), no najmä musia byť topologicky korektné.

Databázy IS ZBGIS® sú rozdelené do datasetov (obr. 2), ktoré reprezentujú jednotlivé mierkové sady:

- referenčné údaje (pre mierkové čísla 2 000, 5 000, 10 000, 25 000),
- KARTO50 (pre mierkové číslo 50 000),
- KARTO100 (pre mierkové číslo 100 000),
- KARTO250 (pre mierkové čísla 250 000, 500 000),
- KARTO1000 (pre mierkové čísla 1 000 000, 2 000 000).



**Obr. 2** Model databáz IS ZBGIS®

Vo všeobecnosti sa metóda výberu podstatných prvkov uplatňuje pri generalizácii do mierkových čísiel 50 000, 100 000, 250 000, 500 000, 1 000 000 a 2 000 000. Vstupujú do nej plošné a líniové objekty. Metóda zjednodušenia geometrie objektov sa uplatňuje pri generalizácii do mierkových čísiel 50 000, 250 000 a 1 000 000 a vstupujú do nej plošné a líniové objekty.

Z hľadiska potreby ľudských zdrojov delíme generalizáciu na manuálnu a automatizovanú. Automatizovaná generalizácia všeobecne predchádza manuálnej generalizácii. Výpočtové procesy nie sú inteligentné, a preto je nutný odborný manuálny zásah kartografa, ktorý pri kontrole generalizácie vykonáva potrebné úpravy.

Súhrn všetkých krokov v rámci generalizačného procesu nazývame generalizačný model. Ide o postup definujúci v nadväznosti jednotlivé úkony a parametre generalizácie vzťahujúce sa na konkrétnu generalizačnú kategóriu.

Generalizačnú kategóriu definuje niekoľko tried objektov. V súčasnosti na GKÚ prebiehajú (alebo prebehli) generalizačné práce na generalizačných kategóriách *zástavba*, *vegetácia*, *komunikácie* a *vodstvo*. Počas generalizácie niektoré vstupné referenčné triedy objektov zaniknú buď z dôvodu priradenia ich objektov do inej triedy, prípadne rozhodnutím, že daná trieda objektov by po generalizácii nespĺňala kritériá pre korektné zobrazenie v mape vzhľadom na mierku a rozlišovaciu úroveň.

### 3 UPLATNENÉ GENERALIZAČNÉ TECHNIKY

Na automatizovanú generalizáciu sú využívané technológie spoločnosti ESRI. Na tvorbu generalizačných modelov je využívaný nástroj na definovanie geoprocesných modelov ModelBuilder a taktiež sú procesy písané v skriptovacom jazyku Python. Tab. 1 ponúka vybrané geoprocesné nástroje programového balíka ArcGIS.

**Tab.1** Výber používaných geoprocesných nástrojov pri generalizácii

---

#### Geoprocesné nástroje ArcGISu

---

Merge, Dissolve, Multipart To Singlepart, Eliminate, Eliminate Polygon Part, Aggregate Polygons, Simplify Building, Simplify Polygon, Delineate Built-up Areas, Make Feature Layer, Select Layer By Location, Select Layer By Attributes, Copy Features, Repair Geometry, Erase

---

#### 3.1 Generalizácia zástavby

Zástavba je príkladom generalizačnej kategórie, do ktorej vstupuje viacero tried objektov a výstupom je len 1 trieda objektov. Zástavba tvorí výnimku, podľa ktorej je generalizácia geometrie realizovaná aj pre mierku 1 : 25 000.

Do mierky 1 : 50 000 prebieha rozsiahlejšia generalizácia geometrie. Taktiež dochádza k zhlukovaniu objektov do polygónov. Zhlukovanie je realizované automatizovane, ale aj manuálne. Výsledné polygóny sú vytvárané nielen na základe tried objektov ZBGIS®, ale aj pomocou údajov katastra nehnuteľností – parciel. Zástavba je klasifikovaná podľa atribútov, ktoré určujú kartografickú symboliku: *cintorín*, *sídla*, *priemyselný areál*, *poľnohospodárske sídlo*, *chatová a záhradkárska osada*, *letisko* a *samostatná budova*.

Pre mierku 1 : 250 000 sa generalizácia realizuje z generalizovaných dát mierky 1 : 50 000. Vstupom do generalizácie je aj cestná sieť, ktorá je využitá na prichytenie a geometrickú úpravu výsledných polygónov zástavby.

Na obr. 3 je znázornený výrez mapy vytvorenej z objektov ZBGIS®. Podáva pohľad na zástavbu v strednej mierke pred generalizáciou a po generalizácii.

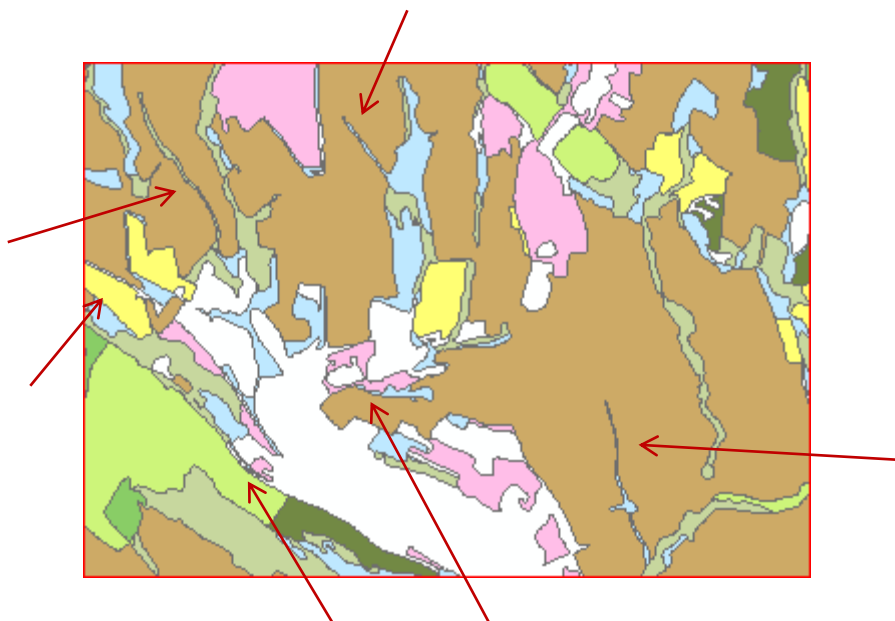


Obr. 3 Generalizácia zástavby – vľavo referenčné údaje, vpravo údaje KARTO50

### 3.2 Generalizácia vegetácie

V prípade vegetácie do generalizácie vstupuje viacero tried objektov a výstupom je zhodný počet zgeneralizovaných tried objektov pre cieľovú mierku.

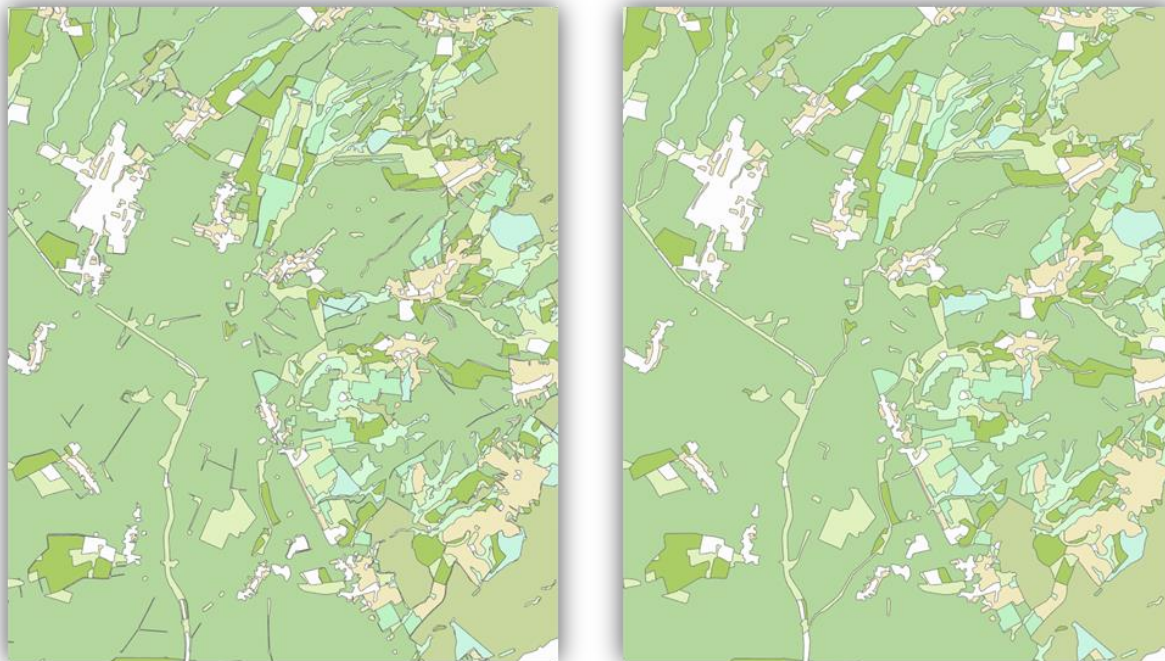
Pre mierku 1 : 50 000 sa automatizovane zjednodušuje a zhladzuje tvar polygónov jednotlivých typov vegetácie. Pri tomto procese však dochádza k narušeniu čistoty topológie (vznikajú prekryty a prázdne miesta) medzi vstupnými triedami objektov, a preto je nutné poloautomatizovanými metódami prejsť k topologickému čisteniu.



Obr. 4 Dlhé a úzke pásy polygónov vyžadujúce manuálny zásah

Výsledok generalizácie vegetácie zobrazuje obr. 5. Generalizované údaje sú porovnané voči referenčným údajom.





Obr. 5 Generalizácia vegetácie - vľavo referenčné údaje, vpravo údaje KARTO50

### 3.3 Generalizácia komunikácií

Generalizačná kategória komunikácií v sebe zahŕňa triedy objektov cesty a železnice. Ide o líniové objekty, pri ktorých je dôležitý krok filtrácie – výberu podstatných prvkov. Tento proces je realizovaný automatizovane. Následne odborným kartografickým zásahom sú odstránené nedostatky.

Pri cestách sa berie do úvahy typ cesty. Detailnejší výber je nastavený na uličnú sieť sídiel a menej detailný výber na nespevnené (lesné a poľné) cesty. Zjednodušenie a zhladenie priebehu ciest je aplikované na všetky typy ciest okrem uličnej siete. Pri tomto kroku sa automatizovane dohliada na zachovávanie križovaní s vybranými triedami objektov (napr. so železnicami, vodnými tokmi) a predchádza sa vzniku nových križovaní. Manuálny zásah kartografa je potrebný najmä pri úprave uličnej siete. Súbežné cesty v sídlach, diaľnice alebo rýchlostné cesty sú zlúčené do jednej línie prechádzajúcej po osi pásu medzi nimi.

Pri železniciach prebieha výber podstatných tratí. Vylučujú sa vlečky, úzkorozchodné železnice a pod. Koľajiská a iné súbežné úseky sa zlučujú do jednej centrálnej línie. Taktiež sa dbá na zachovanie križovaní s ostatnými triedami objektov ako pri cestách a zabraňuje sa vzniku nových križovaní.

Výsledok generalizácie cestnej siete na území Bratislavy zobrazuje obr. 6. Pri rovnakej mierke je porovnaný priebeh referenčných údajov a priebeh generalizovaných údajov datasetu KARTO50.



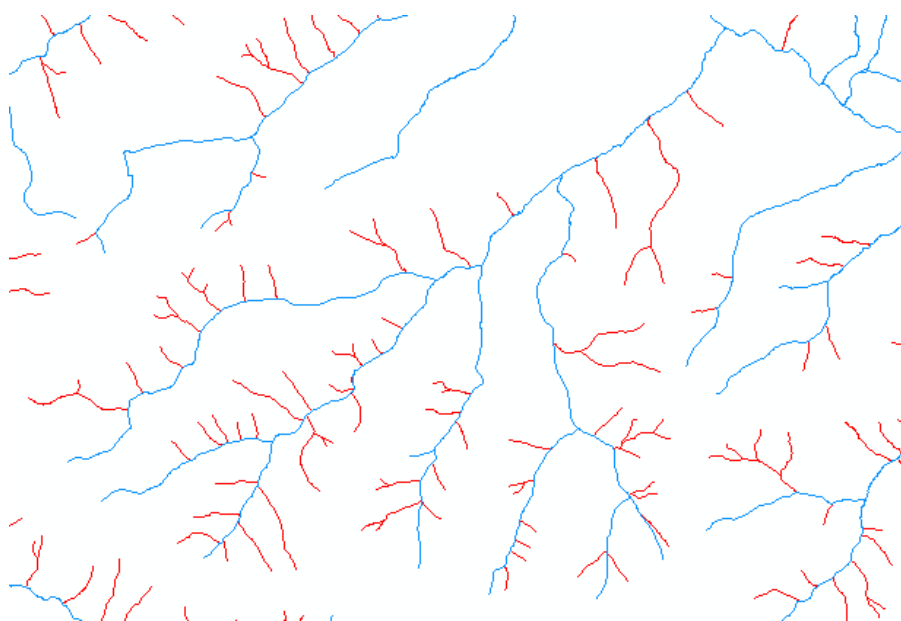
**Obr. 6** Generalizácia komunikácií - vľavo referenčné údaje, vpravo údaje KARTO50

### 3.4 Generalizácia vodstva

Generalizácia vodstva v sebe zahŕňa vybrané triedy objektov z kategórie vodstvo. Rovnakým spôsobom sa pristupuje ku generalizácii vodných plôch a močiarov, slanísk. Ide najmä o zjednodušenie tvaru, vyhladenie a výber polygónov.

Iný prístup treba zvoliť pri generalizácii línií vodných tokov. Je využitá metóda výberu kľúčových vodných tokov riečnej siete iteratívne pri zachovaní kritéria minimálnej dĺžky tokov prvého rádu podľa Strahlerovej klasifikácie. Pri mierke 1 : 50 000 je stanovené kritérium dĺžky úsekov prvého rádu na 1 000 m. Následnou vizuálnou kontrolou sú upravené prehustené miesta.

Generalizácia plôch vodných tokov je realizovaná automatizovane odstraňovaním úzkych častí. Následne je potrebný manuálny zásah kartografa, ktorý upraví priebeh plôch vodného toku esteticky vzhľadom na cieľovú mierku. Na obr. 7 je zobrazený výrez riečnej siete pred generalizáciou a po generalizácii.



**Obr. 7** Generalizácia vodných tokov - červenou odfiltrované referenčné dáta, modrou dáta datasetu KARTO50



#### 4 ZÁVER

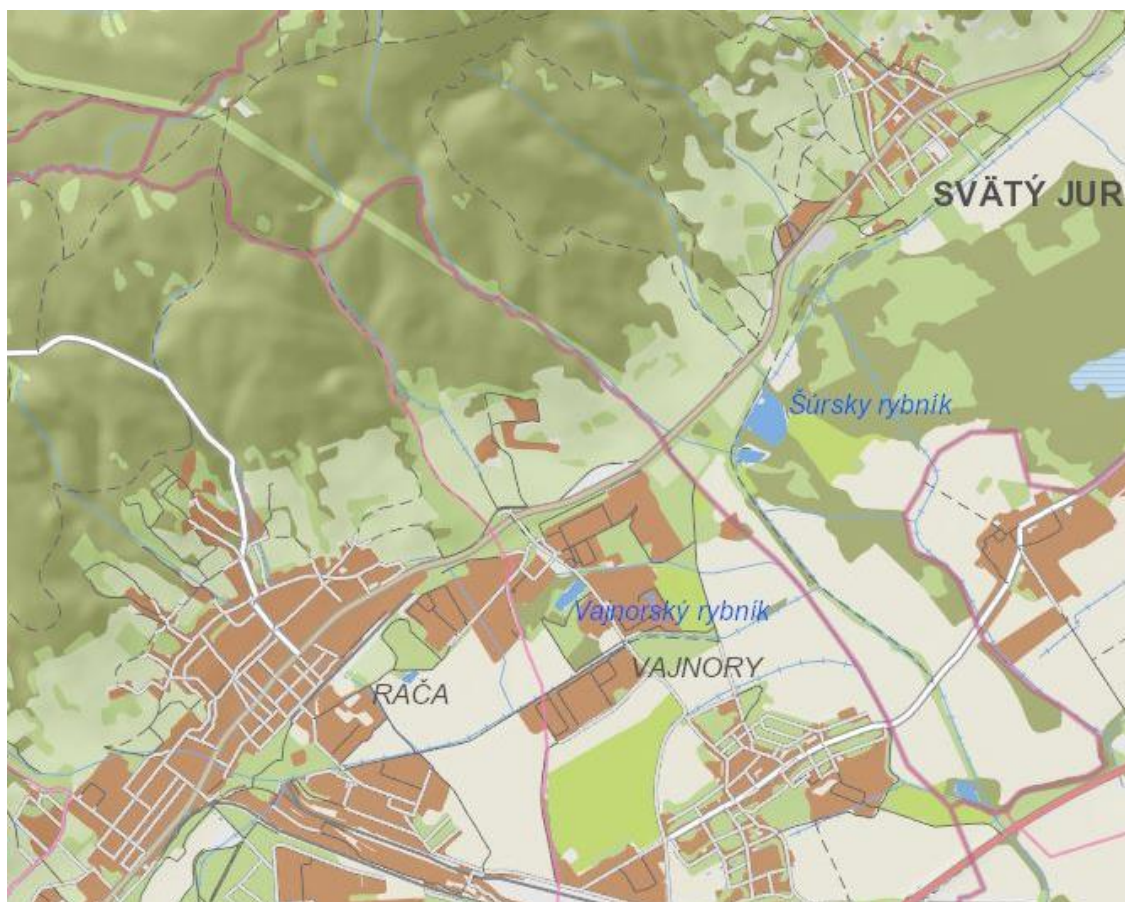
Geodetický a kartografický ústav Bratislava momentálne realizuje poslednú fázu generalizácie objektov IS ZBGIS® do mierky 1 : 50 000. Ukončenie generalizácie jednotlivých generalizačných kategórií v uvedenej mierke je plánované na leto 2016. Následne sa prejde k oprave topologických konfliktov medzi objektmi generalizačných kategórií navzájom.

Využitie automatizovaného prístupu značne urýchlilo generalizačný proces. Pozícia kartografa však ostáva neohrozená. Jeho odborné schopnosti sú nevyhnutné pri kontrole automatizovanej fázy generalizácie. Strojové procesy nikdy nenahradia inteligenciu a nadhľad profesionálneho kartografa. Dokážu však časovo zefektívniť jeho prácu.

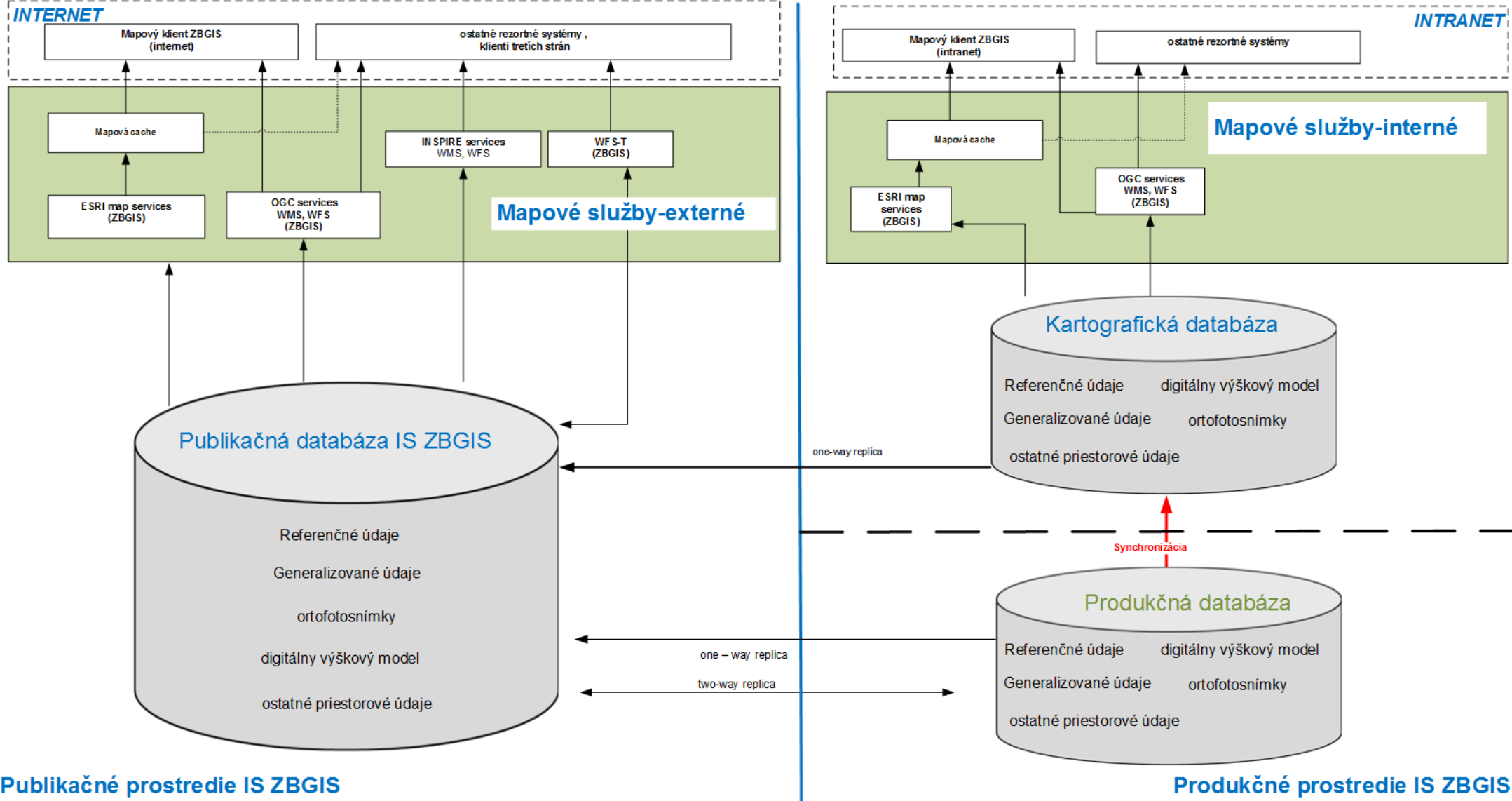
Výsledok generalizácie možno badať z obr. 8 a 9. Sú porovnané dva datasety zobrazujúce územie v rovnakej mierke lokalizované severovýchodne od Bratislavy s Mestskou časťou Rača a mestom Svätý Jur. Obr. 8 zobrazuje súčasný stav prevzatý z Mapového klienta ZBGIS®, na ktorom vidieť referenčné údaje pôsobiace neharmonicky a rušivo. Jedinou čiastočne generalizovanou triedou objektov na obrázku je sídelná zástavba. Obr. 9 zobrazuje v tej istej mierke generalizované dáta z datasetu KARTO50. Možno vidieť zgeneralizovanú hranicu lesa, esteticky pôsobí cestná sieť.



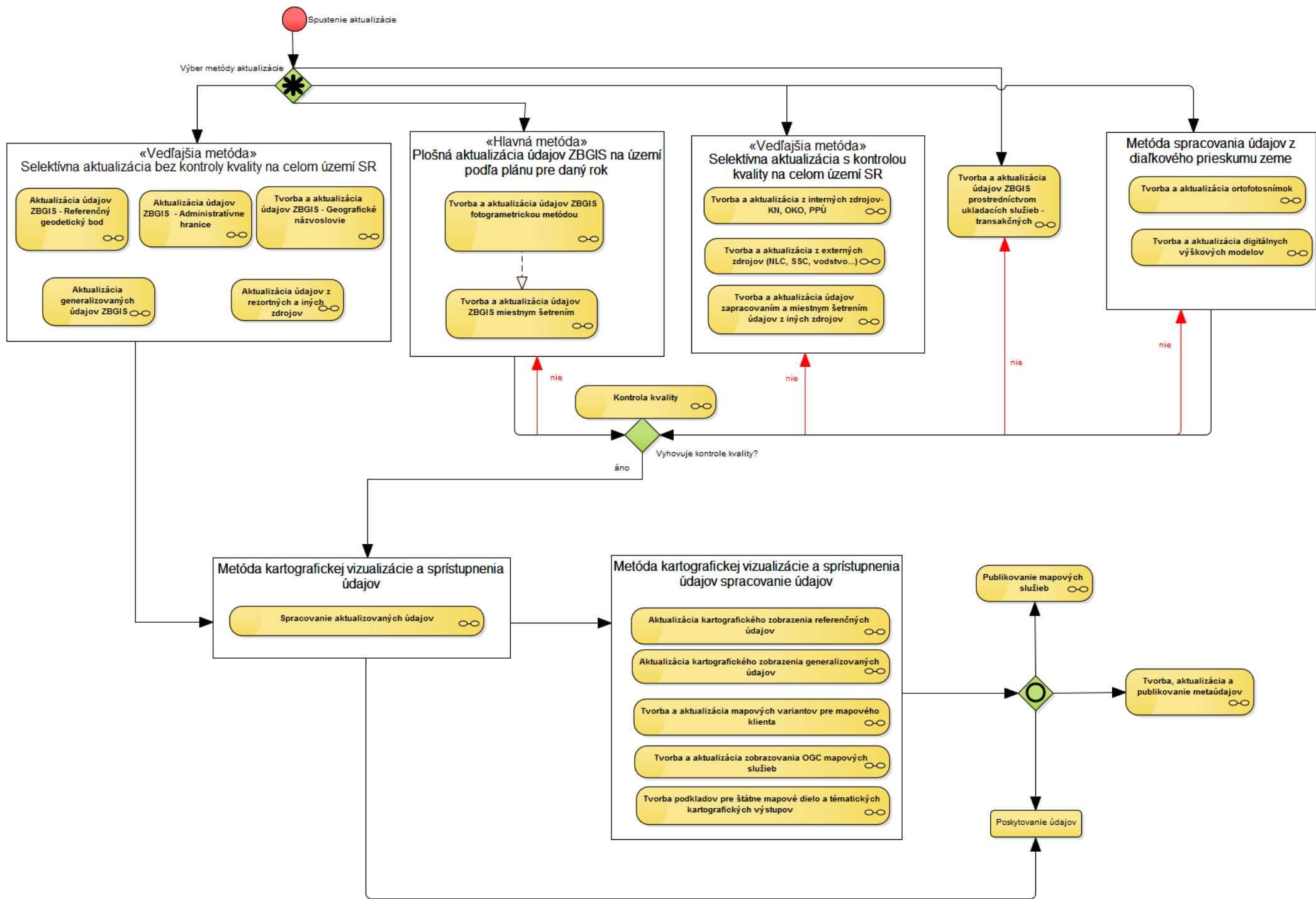
**Obr. 8** Výrez mapy z Mapového klienta ZBGIS® (súčasný stav)



Obr. 9 Výrez mapy vytvorenej z generalizovaných dát datasetu KARTO50



Príloha 1 Štruktúra prostredí IS ZBGIS® (prevzaté z [2])



**LITERATÚRA**

[1] Geoportál. <https://www.geoportal.sk/sk/udaje/udaje-zbgis/>, citované 19.2.2016

[2] O 84.11.13.31.63 (2016) Smernica na správu a aktualizáciu základnej bázy údajov pre geografický informačný systém. Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Bratislava, Slovenská republika.